

CARACTERÍSTICAS DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS NA MODELAGEM DA PROPAGAÇÃO DO ESCOAMENTO NA BACIA DO RIO URUGUAI

*Franco Turco Buffon*¹; *Fernanda Eimael Rolim*²; *Francisco Fernando Noronha Marcuzzo*³

RESUMO – Neste trabalho, foi estudado o efeito das características hidráulicas, especificamente a largura e a profundidade média do rio, sobre a propagação de vazões no modelo MGB-IPH aplicado à bacia do rio Uruguai. A partir de um levantamento dos dados das seções transversais das estações fluviométricas existentes na bacia, realizou-se diferentes adequações da largura e profundidade de todos os trechos de canais do modelo hidrológico (anteriormente pré-calibrado) para sete diferentes regiões da bacia. No caso da estação Uruguaiana (77150000, 190000 km²), se observou valores de Nash-Stucliffe (NS) de 0,931 considerando as regiões de comportamentos semelhantes, e NS de 0,629 quando se considerou uma única relação entre área e parâmetros hidráulicos em toda a bacia. Já no caso da estação Barca Irani (73350000, 1500 km²), se observou valores de NS de 0,793 considerando os dados ajustados, e NS de 0,777 quando se considerou a relação padrão entre área e parâmetros hidráulicos do modelo MGB-IPH. Assim, foi possível concluir que a utilização de dados observados em estações fluviométricas apresentam efeitos maiores em rios de baixa declividade em regiões com grandes planícies de inundação (77150000 - Uruguaiana), e efeitos menores em rios de maior declividade em regiões montanhosas (73350000 - Barca Irani).

ABSTRACT– In this work, the effect of the hydraulic characteristics, specifically the width and the average depth of the river, on the propagation of flows in the MGB-IPH model applied to the Uruguay River basin was studied. The water depth and width of all channels of the hydrological model (previously pre-calibrated) for seven different regions of the basin were made from a cross-sectional survey of the existing fluvimetric gages in the basin. In the case of the Uruguaiana gage (77150000, 190000 km²), values of Nash-Stucliffe (NS) of 0,931 were observed considering the regions of similar behavior, and NS of 0,629 when a single relation between area and hydraulic parameters was considered in the entire basin. In the case of the Barca Irani station (73350000, 1500 km²), NS values of 0,793 were observed considering the adjusted data, and NS of 0.777 when considering the standard relation between area and hydraulic parameters of the MGB-IPH model. Thus, it was possible to conclude that the use of data observed in fluvimetric gages present higher effects in rivers of low slope in regions with great flood plains (77150000 - Uruguaiana), and smaller effects in rivers of greater slope in mountainous regions (73350000 - Barca Irani).

Palavras-Chave – Alerta, geomorfologia, MGB-IPH.

1) CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Pesquisado em Geociência, Superintendência Regional de Porto Alegre, franco.buffon@cprm.gov.br;

2) CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Estagiária, Superintendência Regional de Porto Alegre, fernanda.erolim@gmail.com;

3) CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Pesquisado em Geociência, Superintendência Regional de Porto Alegre, francisco.marcuzzo@cprm.gov.br

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Uruguai é formada desde as nascentes do rio Pelotas e do rio Canoas e estende-se até o estuário do rio da Prata, no Uruguai (GUIMARÃES, FINCK, MARCUZZO, 2017). Aproximadamente 349.843km² de área de drenagem, sendo que 17,7% estão na porção da Argentina 32,4% no Uruguai e 49,8% no Brasil. A porção brasileira da bacia do rio Uruguai possui aproximadamente 72,6 % de sua área no RS e cerca de 27,4 % em SC (MARCUIZZO, 2017).

Esta bacia apresenta frequentemente eventos de inundações, principalmente nas regiões com menores declividades de terreno da bacia, causando prejuízos a população ribeirinha e trazendo danos econômicos e sociais. Em vista disso, a CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais) sediada em Porto Alegre/RS implantou o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Uruguai (SAH Rio Uruguai), que por meio de modelos hidrológicos auxilia com previsão de níveis transmitidas por meio de boletins de alerta aos órgãos responsáveis por comunicar e encontrar soluções para a população, caso haja um risco eminente.

A modelagem hidrológica atualmente utilizada no SAH Rio Uruguai tem como base o método de regressão linear de múltiplas variáveis com uma estimativa de antecedência de até 17 horas para o município de Uruguaiana. A nova proposta é calibrar um modelo de Chuva-Vazão com propagação hidrodinâmica baseada modelo MGB-IPH (PONTES *et al.*, 2015) para prolongar este tempo, estima-se que se pode chegar até 72h de antecedência na previsão para Uruguaiana (GUIMARÃES, 2018), possibilitando assim um maior tempo para as tomadas de decisões dos órgão de defesa civil em relação as possíveis pessoas atingidas. No estudo preliminar de Finck (2018), utilizando um modelo de previsão cota-cota, foi avaliado o uso de um modelo hidrológico baseado em regressões lineares que fosse capaz de prever cotas na bacia do rio Uruguai. Este autor estudou as localidades de montante para jusante: Porto Lucena, Garruchos, São Borja, Itaqui, Uruguaiana e Barra do Quaraí. Segundo Finck (2018), o uso de regressão linear para previsão das localidades mais a jusante no rio Uruguai, como São Borja, Itaqui e Uruguaiana, apresentou melhor qualidade, sendo que, em regra, nas localidades quanto mais a montante por apresentarem eventos de inundação mais rápidos que nas de jusante, apresentaram piores qualidades segundo as métricas utilizadas.

Neste trabalho, o foco está relacionado às características principais que controlam o comportamento hidráulico do modelo, especificamente a largura e a profundidade média do rio em seu canal principal. A partir de um levantamento dos dados das seções transversais das estações fluviométricas existentes na bacia, realizou-se diferentes adequações da largura e profundidade de todos os trechos de canais do modelo hidrológico (anteriormente pré-calibrado) para diversas regiões da bacia com a finalidade de melhor representar os efeitos da propagação do escoamento na bacia do rio Uruguai. Além disso, também foram comparados os resultados desses ajustes na propagação do escoamento ao longo da bacia com o resultado considerando um ajuste único (mesma relação entre

área-largura-profundidade) valido para toda a bacia. O objetivo é disponibilizar dados de entrada para o modelo hidrológico com a melhor representação possível, para obtenção dos hidrogramas mais compatíveis com a realidade.

METODOLOGIA

Tal como no modelo MGB-IPH, os parâmetros hidráulicos (largura e profundidade média) foram correlacionados com a área de drenagem dos respectivos pontos de monitoramento, buscando-se encontrar um comportamento médio destas relações em regiões distintas dentro da bacia hidrográfica. Por se tratar de características geomorfológicas da bacia, utilizou-se o auxílio de informações altimétricas (Figura 1), e também de informações geológicas e hidrogeológicas (Figura 2) na identificação das regiões com comportamentos semelhantes entre as relações da área com a largura e a profundidade média.

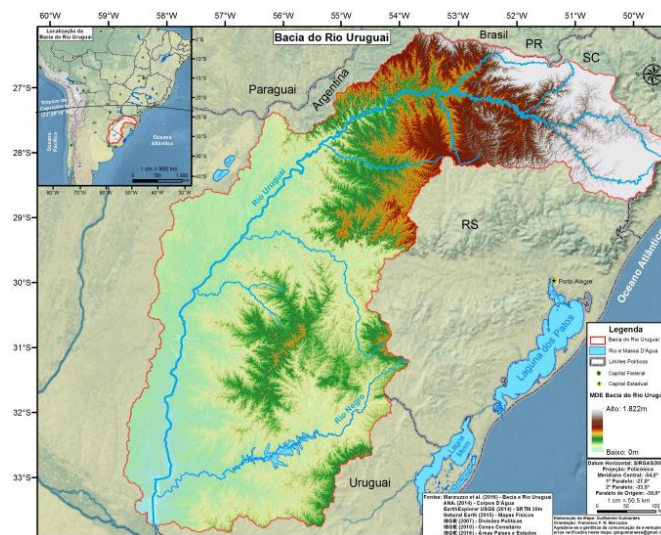


Figura 1 – Mapa altimétrico da bacia do rio Uruguai (GUIMARÃES, 2018)

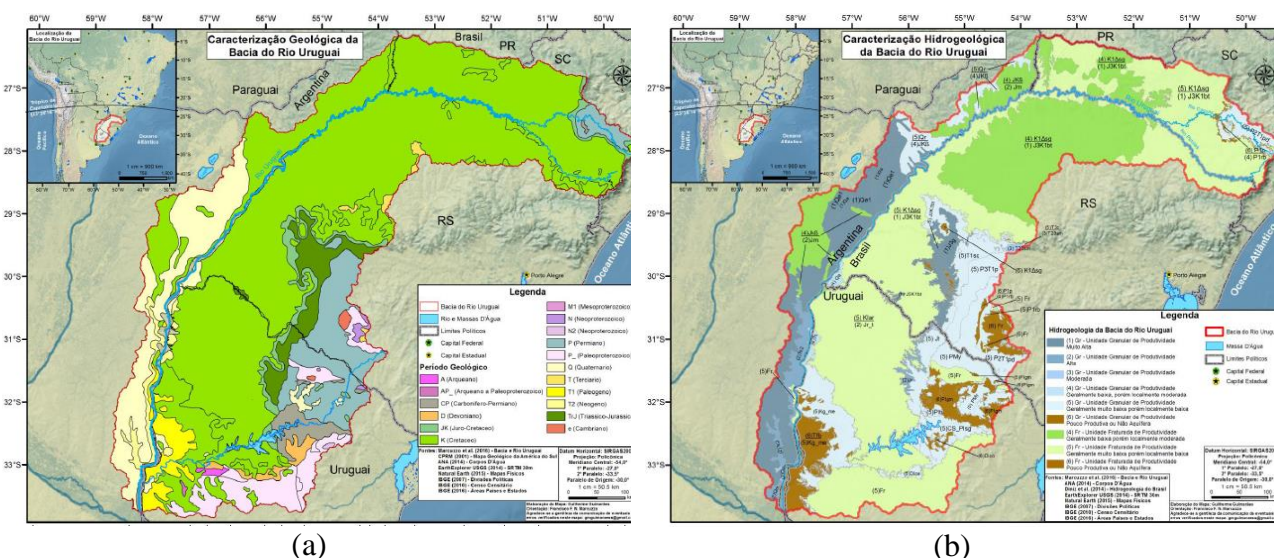


Figura 2 – Mapa geológico (a) e hidrogeológico (b) na bacia do rio Uruguai (GUIMARÃES, 2018)

Visualmente se identificam nestes mapas ao menos três regiões distintas, sendo elas na região das nascentes na bacia do rio Canoas, outra na região do rio Ibicuí, e outra ao longo de maior parte da bacia. Para complementar essas informações, foram consideradas as estações fluviométricas distribuídas ao longo de toda a bacia hidrográfica do rio Uruguai (Figura 3), que em sua totalidade somam 76 estações com dados de níveis e com levantamentos de seção transversal.

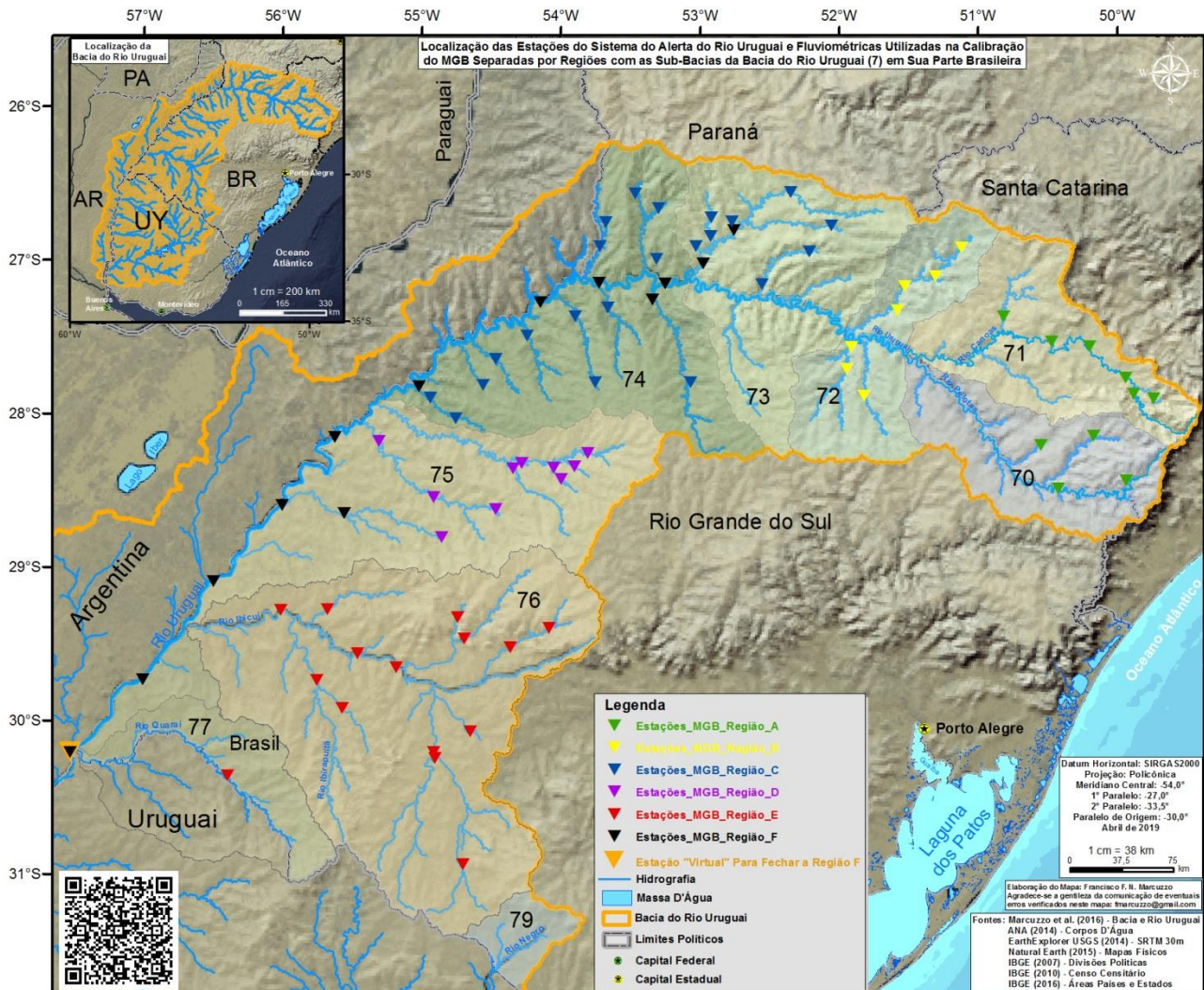


Figura 3 – Localização das estações fluviométricas na bacia do rio Uruguai e delimitação das regiões semelhantes

Na série histórica do monitoramento destas estações, escolheu-se o perfil que melhor representa o perfil transversal médio, sendo o critério adotado para a definição do melhor perfil aquele que contém a seção transversal de maior semelhança em comparação aos demais levantamentos da mesma estação, e que também contém a maior cota medida. Na Figura 4 estão apresentados alguns exemplos de seções transversais em regiões distintas da bacia do rio Uruguai, apresentam-se nesta figura também as respectivas cotas máximas, sendo possível observar alguns casos onde a maior cota medida no local é superior a maior cota levantada na seção transversal.

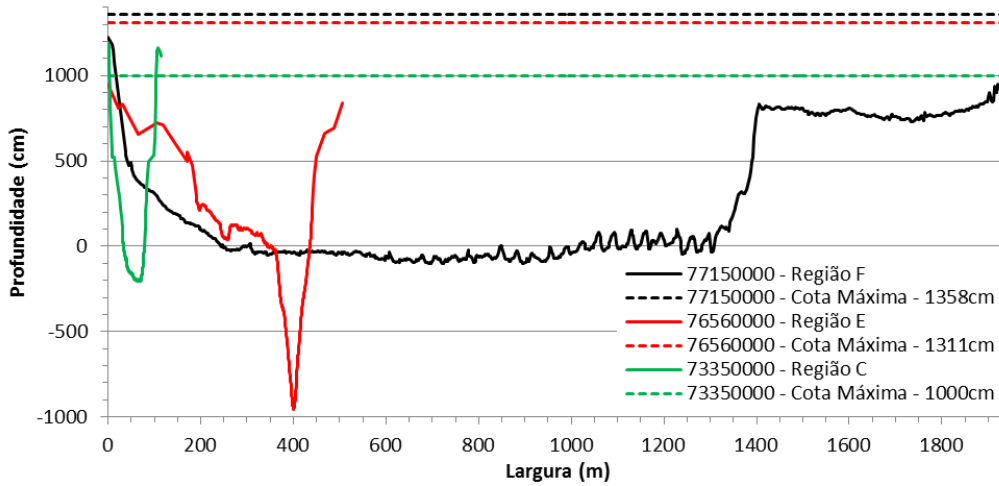


Figura 4 – Exemplos de seções transversais em três regiões distintas na bacia do rio Uruguai

Assim, ao analisarmos os dados das seções transversais de todas as 76 estações fluviométricas, foi possível identificar um total de sete regiões de comportamentos médios semelhantes (especializadas conforme a Figura 3), cujo agrupamento de relações entre área, largura e profundidade pode ser visualizado da Figura 5 até a Figura 10 a seguir.

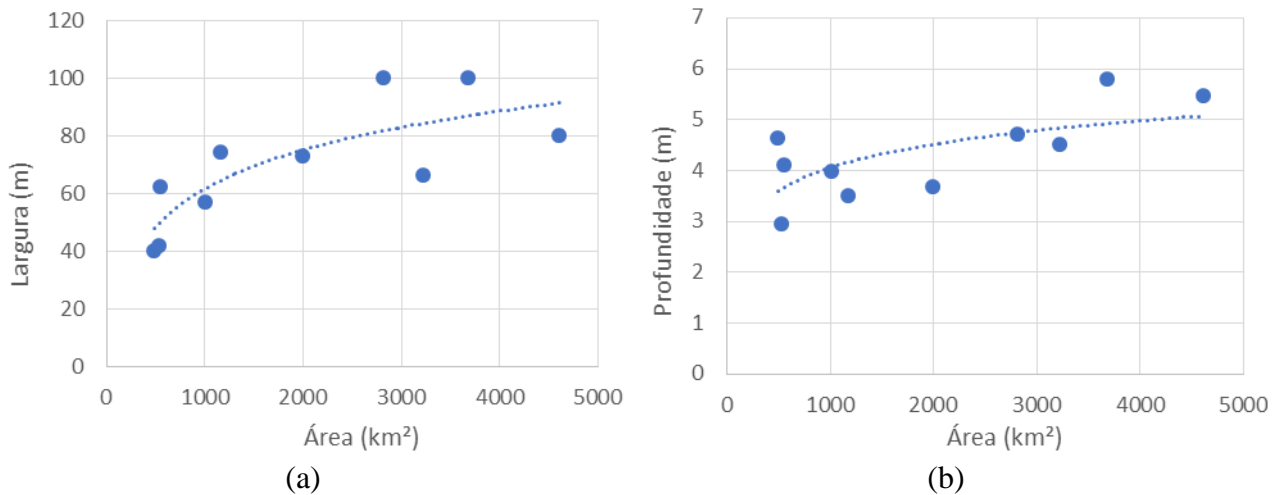


Figura 5 – Relações da área com a largura (a) e com a profundidade (b) do rio nas estações da Região A

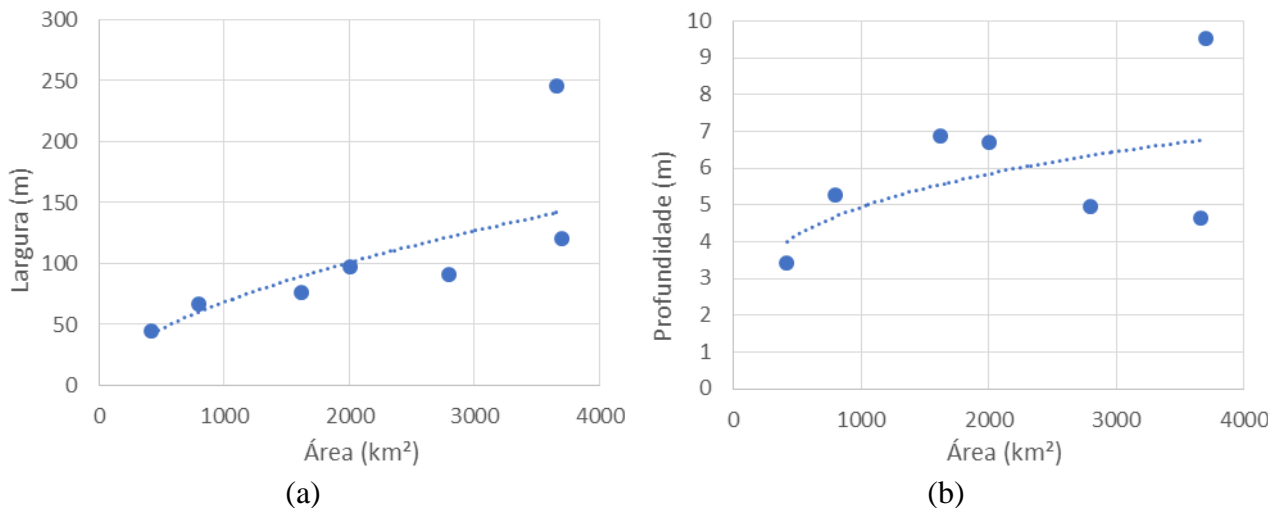
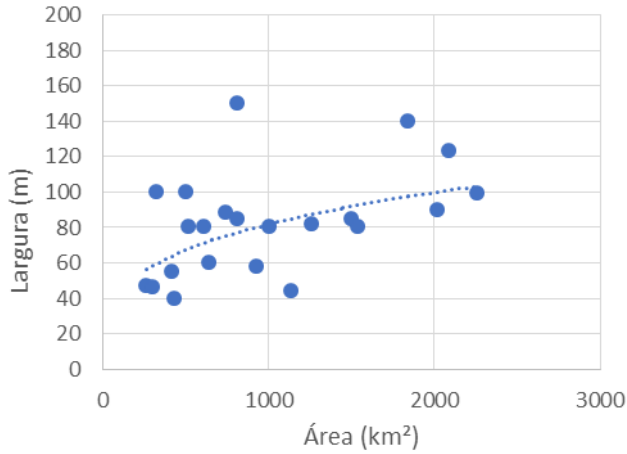
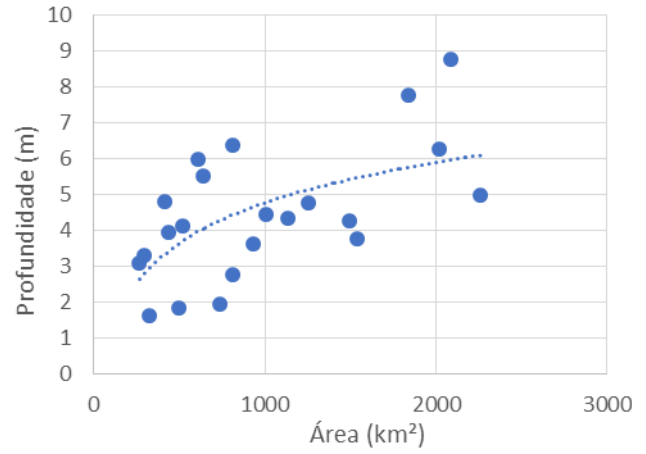


Figura 6 – Relações da área com a largura (a) e com a profundidade (b) do rio nas estações da Região B

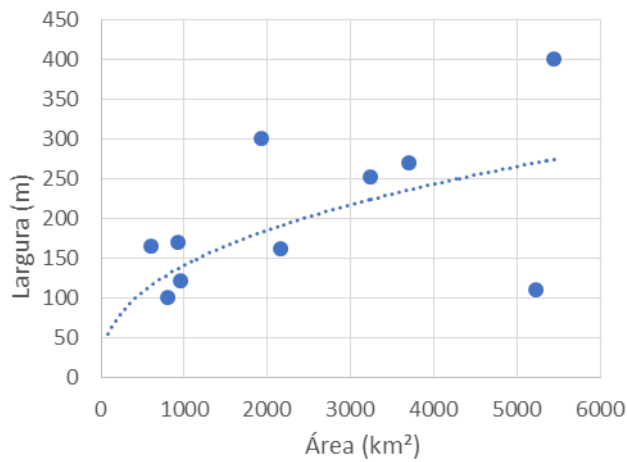


(a)

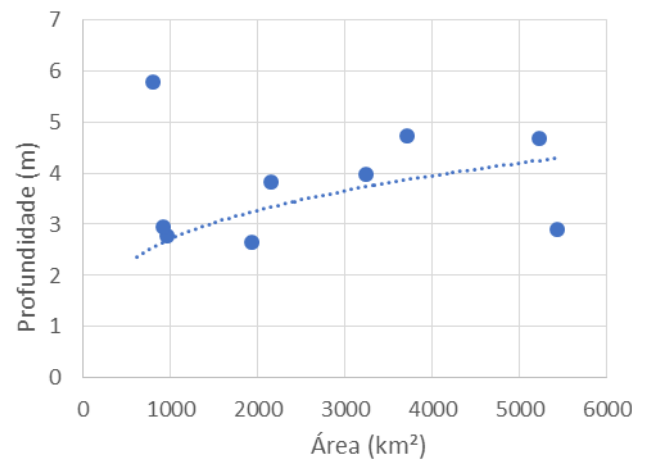


(b)

Figura 7 – Relações da área com a largura (a) e com a profundidade (b) do rio nas estações da Região C

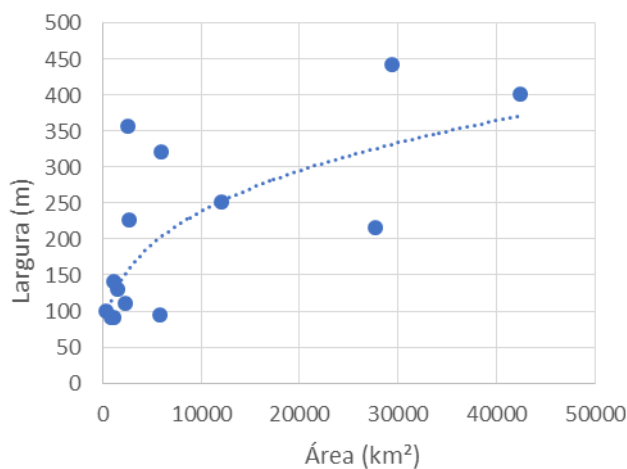


(a)

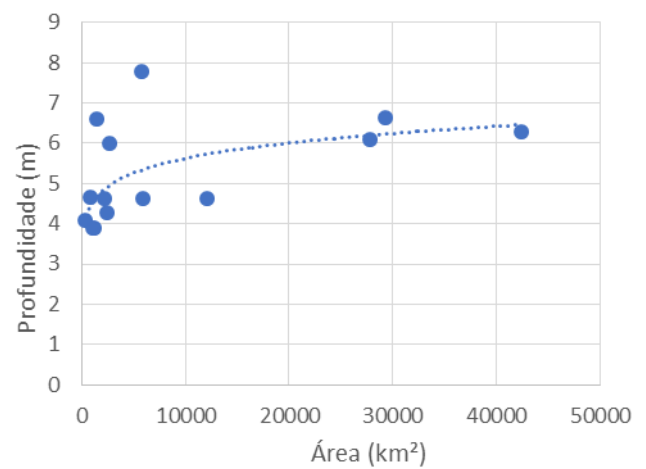


(b)

Figura 8 – Relações da área com a largura (a) e com a profundidade (b) do rio nas estações da Região D



(a)



(b)

Figura 9 – Relações da área com a largura (a) e com a profundidade (b) do rio nas estações da Região E

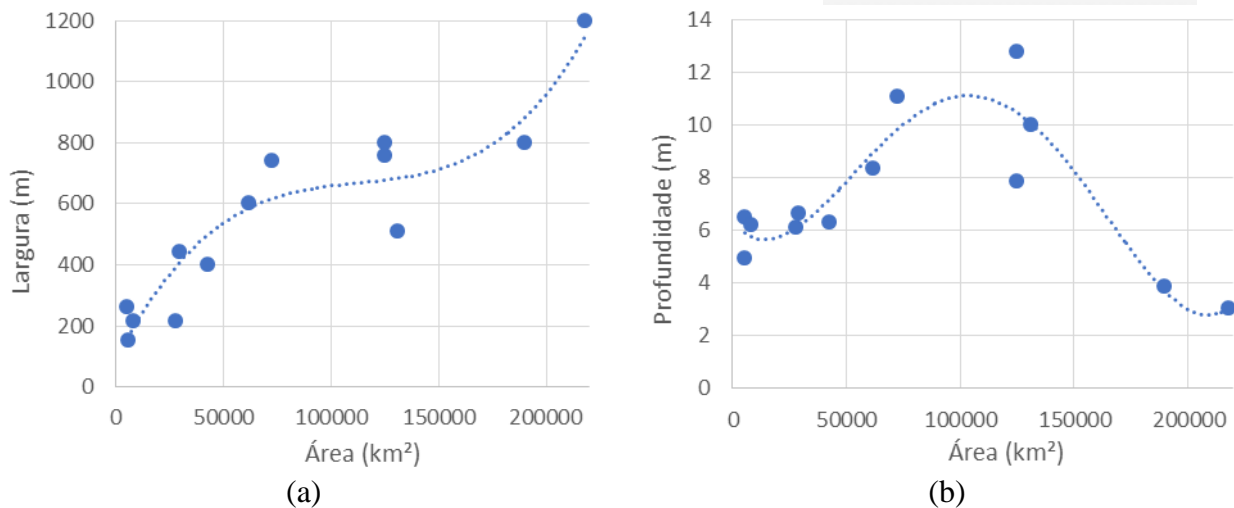


Figura 10 – Relações da área com a largura (a) e com a profundidade (b) do rio nas estações da Região F

De acordo com as figuras, fica evidente o comportamento distinto das relações entre área, largura e profundidade nas diferentes regiões. Nas regiões situadas nas maiores elevações da bacia (A, B e C) os rios tendem a serem menos largos e mais profundos, enquanto nas regiões dos afluentes de jusante apresentam maiores larguras e menores profundidades. Isso pode ser associado ao fato de nas regiões de maiores altitudes ocorrerem maiores declividades dos rios e menores áreas de extravasamento do leito devido as suas características geomorfológicas, da mesma forma as regiões mais baixas também possuem menores declividades e grandes planícies de inundação, estando de acordo com os resultados observados. Por sua vez, a região com as estações do rio Uruguai (F) possui comportamento particular, apresentando primeiramente um aumento de sua profundidade ao passar pela região montanhosa do Alto Uruguai, e posteriormente redução da profundidade ao atingir regiões com baixas declividades e grandes planícies de inundação próximas à São Borja.

RESULTADOS

Com a finalidade de avaliar os resultados, estão apresentados a seguir os resultados obtidos após o ajuste anteriormente apresentado dos parâmetros hidráulicos (largura e profundidade média) aplicados no modelo MGB-IPH, e para comparação, está apresentado também o resultado considerando toda a bacia de forma homogênea com uma única relação entre área com largura e profundidade média (padrão do MGB-IPH), permitindo assim comparar os hidrogramas resultantes nas duas condições.

A comparação foi realizada para diversas estações representativas de cada uma das sete regiões detectadas. Aqui apresentaremos os resultados de apenas duas estações nestas regiões, uma no trecho do baixo rio Uruguai (77150000 – Uruguaiana), com grandes planícies de inundação (Região F); e outra estação na região do alto rio Uruguai (73350000 – Barca Irani), com maiores declividades em região montanhosa (Região C).

A estação Uruguiana (77150000, área de 190000 km²) foi a que mais demonstrou benefícios devido aos ajustes por regiões (Figura 11) quando comparado ao resultado obtido a partir de uma relação única (Figura 12) da área com os parâmetros hidráulicos. Fica explícito nos resultados que ao utilizar uma única relação entre a área e os parâmetros hidráulicos os picos de vazão são significativamente maiores, uma vez que a característica dos escoamentos nessa região inclui o transbordamento do canal principal (por este ser raso, Figura 10) em vastas planícies de inundação e isso reduz drasticamente a velocidade da propagação das ondas de cheia. Por isso, há uma queda no coeficiente de Nash-Stucliffe (NS) de 0,931 para 0,629 nessa condição de comparação.

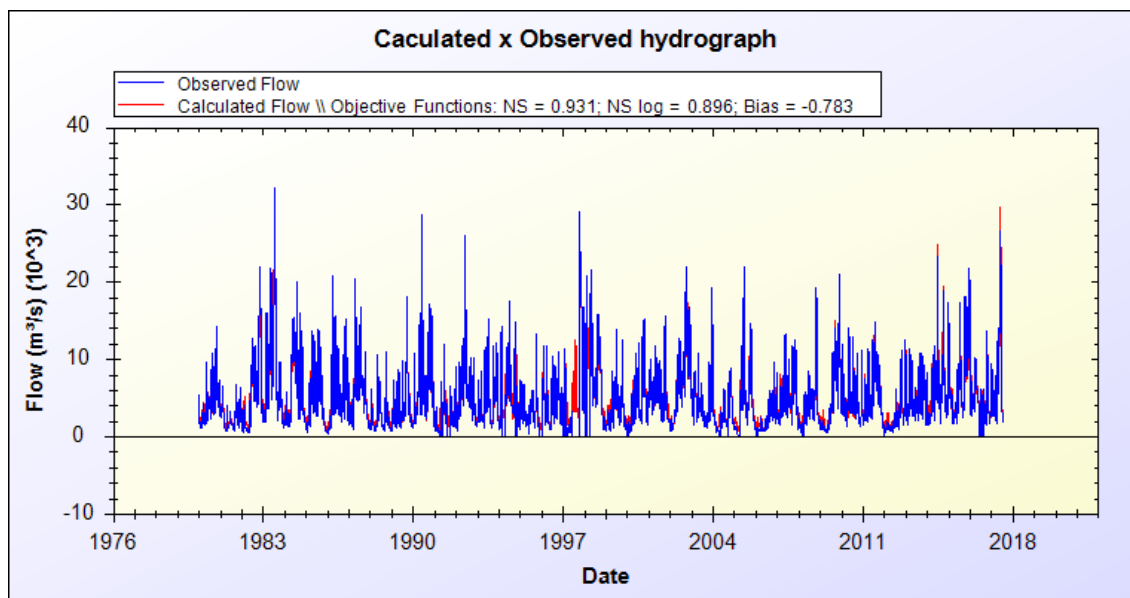


Figura 11 – Resultado com diversas relações entre área-largura-profundidade (77150000 – Uruguiana)

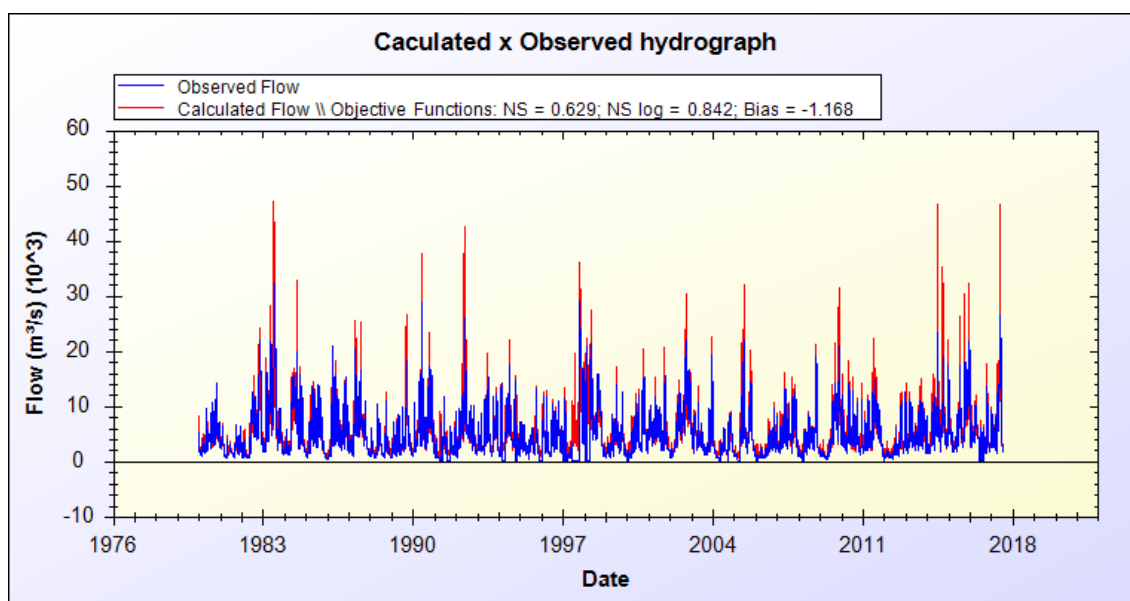


Figura 12 – Resultado com uma única relação entre área-largura-profundidade (77150000 – Uruguiana)

A estação Barca Irani (73350000, área de 1500 km²) apresentou benefícios muito pequenos nas vazões máximas devido aos ajustes por regiões (Figura 13) quando comparado ao resultado obtido a

partir de uma relação única (Figura 14) da área com os parâmetros hidráulicos. Devido ao tamanho desta bacia e às características montanhosas da região (maiores declividades), uma vez que a característica dos escoamentos nessa região não inclui o transbordamento do canal principal em grandes planícies de inundação. Assim, há uma queda no coeficiente de NS de 0,793 para 0,777 nessa condição de comparação.

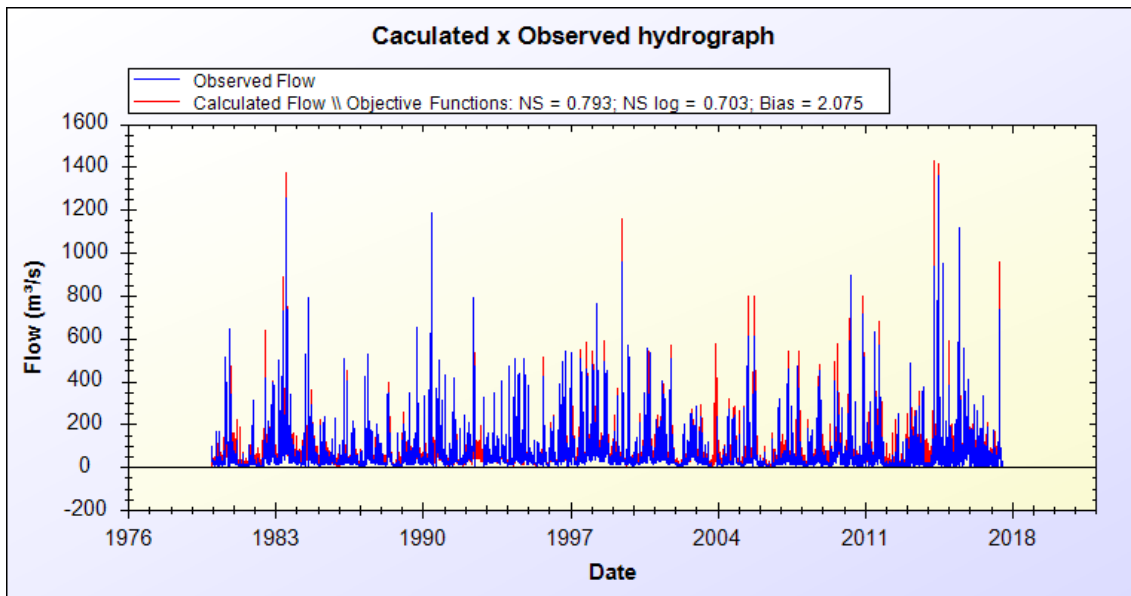


Figura 13 – Resultado com diversas relações entre área-largura-profundidade (73350000 – Barca Irani)

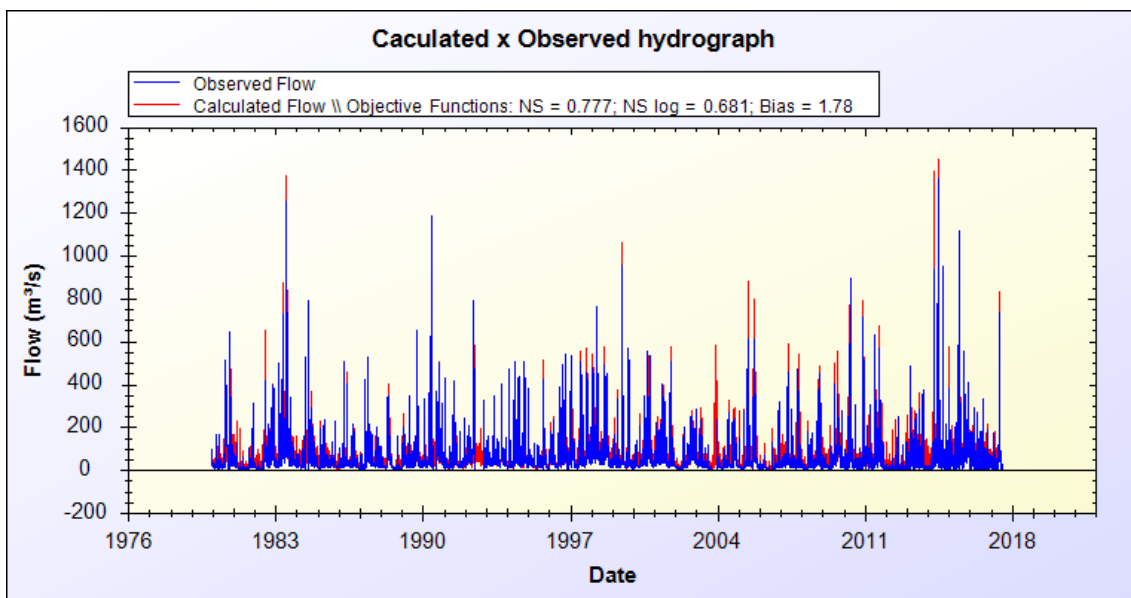


Figura 14 – Resultado com uma única relação entre área-largura-profundidade (73350000 – Barca Irani)

CONCLUSÃO

É possível concluir com este trabalho que a utilização de dados observados em estações fluviométricas, especificamente referente aos parâmetros hidráulicos da largura do rio e sua profundidade média, podem afetar significativamente os resultados da modelagem, apresentando efeitos maiores em rios de baixa declividade em regiões com grandes planícies de inundação, e efeitos

menores em rios de maior declividade em regiões montanhosas. No caso da estação Uruguiana (77150000, 190000 km²), situada em região de baixa declividade e grande planície de inundação, se observou valores de NS de 0,931 considerando as diversas regiões de comportamento médio semelhantes na simulação, e NS de 0,629 quando se considerou uma única relação entre área e parâmetros hidráulicos em toda a bacia. Já no caso da estação Barca Irani (73350000, 1500 km²), situada em região de altas declividades e sem grandes planícies de inundação, se observou valores de NS de 0,793 considerando os dados levantados nas estações fluviométricas, e NS de 0,777 quando se considerou a relação padrão entre área e parâmetros hidráulicos do modelo MGB-IPH. Ressalta-se que no caso da estação Uruguiana, devido ao tamanho da bacia há diversas outras regiões de comportamentos semelhantes a montante da mesma, fato que não ocorre na estação Barca Irani, que por ser pequena em ambos os casos possui apenas uma região à montante.

REFERÊNCIAS

- FINCK, J. S. (2018). Estudo preliminar de sistema de alerta para a parte brasileira da bacia do rio Uruguai utilizando modelo de previsão cota-cota. Trabalho de Conclusão de Curso. UFRGS, Porto Alegre – RS, 116p. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/179893>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- GUIMARÃES, G. M.; FINCK, J. S.; MARCUZZO, F. F. N. (2017). Espacialização Pluviométrica da Precipitação Média Mensal na Parte Brasileira da Bacia do Rio Uruguai. In: Congresso da ABES / FENASAN 2017, 2017, São Paulo. Anais do Congresso da ABES / FENASAN 2017. São Paulo: ABES. v. 1. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18201>>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- GUIMARÃES, G. M. (2018). Análise de Previsibilidade de Cheias na Bacia do Rio Uruguai através do Modelo MGB-IPH. Trabalho de Conclusão de Curso, UFRGS, Porto Alegre – RS, 173 p. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/179900?locale-attribute=en>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- MARCUZZO, F. F. N. Bacia hidrográfica do rio Uruguai: altimetria e áreas. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRH, 2017. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18489>>. Acesso em: 03 abr. 2019.
- PONTES, P. R. M.; COLLISCHONN, W.; FAN, F. M.; PAIVA, R. C. D.; BUARQUE, D. C. (2015). Modelagem hidrológica e hidráulica de grande escala com propagação inercial de vazões. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 20, n. 4. ISSN 2318-0331. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=156&SUMARIO=5115>>. Acesso em: 16 abr. 2019.